



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA - UnB
IG/ IB/ IQ/ FACE-ECO/ CDS
CURSO DE CIÊNCIAS AMBIENTAIS

**APROVEITAMENTO ENERGÉTICO DE RESÍDUOS ALIMENTARES
DO RESTAURANTE UNIVERSITÁRIO DA UNIVERSIDADE DE
BRASÍLIA NA PRODUÇÃO DE BIOGÁS. ESTUDO DE CASO.**

MARIA TEREZA LIMA VILARINHO

BRASÍLIA – DF
JULHO, 2016

MARIA TEREZA LIMA VILARINHO

**APROVEITAMENTO ENERGÉTICO DE RESÍDUOS ALIMENTARES
DO RESTAURANTE UNIVERSITÁRIO DA UNIVERSIDADE DE
BRASÍLIA NA PRODUÇÃO DE BIOGÁS. ESTUDO DE CASO.**

Monografia apresentada ao Curso de Graduação em Ciências Ambientais da Universidade de Brasília, como requisito parcial para obtenção de grau de bacharel em Ciências Ambientais, sob orientação da professora Dra. Izabel Cristina Bruno Bacellar Zaneti.

BRASÍLIA – DF

JULHO, 2016

VILARINHO, Maria Tereza.

Aproveitamento energético de resíduos alimentares do Restaurante Universitário da Universidade de Brasília na produção de biogás. Estudo de caso.

Orientação: Dra. Izabel Cristina Bruno Bacellar Zaneti.

53 páginas.

Projeto final em Ciências Ambientais – Consórcio IG/ IB/ IQ/ FACE-ECO/ CDS – Universidade de Brasília.

Brasília – DF, 2016.

1. Resíduos Alimentares 2. Restaurante Universitário 3. Biodigestor 4. Biogás 5. Estudo de caso

APROVEITAMENTO ENERGÉTICO DE RESÍDUOS ALIMENTARES DO RESTAURANTE UNIVERSITÁRIO DA UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA, NA PRODUÇÃO DE BIOGÁS. ESTUDO DE CASO.

Maria Tereza Lima Vilarinho

Profa. Orientadora: Dra. Izabel Cristina Bruno Bacellar Zaneti.

Brasília-DF, 27 de julho de 2016.

BANCA EXAMINADORA

Profa. Dra. Izabel Cristina Bruno Bacellar Zaneti (Orientadora)
Centro de Desenvolvimento Sustentável da Universidade de Brasília

Prof. Dr. Gustavo Macedo de Mello Baptista (Avaliador)
Instituto de Geociências da Universidade de Brasília

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente à minha família, por me dar todo o suporte e apoio também nessa etapa da minha vida.

Ao meu noivo, pela paciência, amor, carinho e companheirismo.

Aos colegas do projeto “Vitrine da Sustentabilidade”, em especial o doutorando Alfiado Victorino pela orientação e parceria durante o projeto.

À direção do Restaurante Universitário, às nutricionistas, e aos funcionários da equipe de resíduos da empresa SANOLI que colaboraram de forma crucial para a execução deste trabalho.

Aos professores do laboratório de fotobiorreatores do Instituto de Física (UnB), e aos funcionários da prefeitura e outros departamentos da UnB que também colaboraram com a execução deste trabalho.

Agradeço a todos os amigos e professores do curso de Ciências Ambientais que participaram da minha formação, e me mostraram o quanto sou feliz por ter escolhido esse curso, agradeço em especial o professor Pedro Zuchi, que além de coordenador, foi um conselheiro, e ajudou nas decisões no decorrer do curso;

O professor Joao Nildo, que me proporcionou uma experiência de vida incrível e a realização do sonho de conhecer um país africano, o que mudou toda minha percepção de vida e amor ao próximo.

À professora e orientadora Izabel Zaneti, que me acompanhou nessa jornada, com muita paciência, fazendo com que eu mantivesse o foco nos meus objetivos acadêmicos, e gerando diversas conquistas.

O professor Gustavo Baptista, que acreditou em mim, me apoiou e incentivou a crescer na vida acadêmica, sempre com muita paciência e bom humor.

Esses anos de graduação foram de muitos ensinamentos e crescimento pessoal, por isso, eu só tenho a agradecer todos que estiveram comigo nessa jornada.

RESUMO

O presente trabalho trata da etapa inicial do projeto Vitrine da Sustentabilidade do Centro de Desenvolvimento Sustentável-CDS da Universidade de Brasília-UnB. Têm como objetivo quantificar a produção de resíduos alimentares do Restaurante Universitário-RU e verificar o seu aproveitamento energético, por meio da implementação de um biodigestor, na UnB. Tendo como metodologia o estudo de caso, foi verificada a quantidade de resíduos alimentares produzidos no restaurante, por meio de pesagens, em dois períodos distintos, sendo detectada a problemática do excesso de resíduos descartados. A pesquisa constituiu-se de várias etapas, tais como: 1) a construção de um biodigestor anaeróbio, BGS de 10m³, próximo ao prédio da Maquete-UnB, 2) a descrição passo a passo das etapas até a produção de biogás: pré-tratamento dos resíduos, carga e arranque do biodigestor, monitoramento; e 3) análise físico-química do biogás gerado. A quantidade média de resíduos alimentares descartados no RU é de 2,184 kg por dia. No biodigestor foram inseridos 3,176,3 kg durante a etapa de carga de 17 dias corridos, seguido de 4 meses de monitoramento e análises, que constatou a produção de biogás, mas com uma porcentagem de metano baixa e uma concentração de dióxido de carbono 87% maior do que o ar atmosférico. Conclui-se que, apesar da baixa produção de gás metano, que está de acordo com a literatura consultada para a etapa inicial do experimento, o biodigestor é uma inovação tecnológica alternativa para a produção de biogás e de biofertilizante, utilizando resíduos alimentares como matéria prima. Recomenda-se para etapa seguinte, e trabalhos futuros, a resolução de problemas técnicos e operacionais, como a correção de fugas de biogás, e análises dos efluentes para correção de parâmetros necessários.

Palavras chave. Vitrine da Sustentabilidade, Resíduos Alimentares, biodigestor, biogás, Universidade de Brasília.

ABSTRACT

This present paper deals with the initial stage of the project “Vitrine da Sustentabilidade”, of the Sustainable Development Center – University of Brasília. The main aim of the project is to quantify the production of food waste at the University of Brasilia’s Restaurant and verify its energy use through the implementation of a Biodigester at university. Having adopted the methodology of case study, it was identified the amount of food waste produced in the restaurant by means of weighing in two different periods, where it was detected the problem of discarded waste in excess. The survey consists of several steps, such as: 1) the construction of an anaerobic digester, BGS of 10m³, near the University’s building called Maquete; 2) the step by step description of the stages until the biogas production: pre-treatment of waste, loading and biodigester startup, monitoring; and 3) physical-chemical analysis of the generated biogas. The average amount of food waste discarded in the RU is 2.184 kg per day. In the digester were inserted 3,176,3 kg during the loading phase of 17 calendar days, and 4 months of monitoring and analysis, which found the biogas production, but with a lower percentage of methane and carbon dioxide concentration 87% greater than the atmospheric air. It was possible to conclude that, despite the low production of methane gas, which is in agreement with the literature referred to the initial stage of the experiment, the biodigester is an alternative technological innovation for the production of biogas and biofertilizers, using food waste as raw material. It is recommended to the next step, and future work, the resolution of technical and operational problems, such as the correction of biogas leaks, and analysis of effluents for correction required parameters.

Keywords. “Vitrine da Sustentabilidade”, Food Waste, digester, biogas, University of Brasilia.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Quantidade de resíduos alimentares descartados no período de pesagem de 2014 pelo Restaurante Universitário.	39
Tabela 2. Quantidade de resíduos alimentares descartados no período de pesagem de 2015 pelo Restaurante Universitário.	39
Tabela 3. Quantidade de resíduos alimentares descartados no período de pesagem em 2014 e em 2015 no Restaurante Universitário e média diária de resíduos.	39

LISTA DE QUADROS

Quadro 2. Quantidade de usuários do RU e a quantidade de resíduos por refeição servida, 2014.....	40
Quadro 3 Quantidade de usuários do RU e a quantidade de resíduos por refeição servida, 2015.....	40

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Esquema de um biodigestor de modelo indiano	21
Figura 2. Esquema de um biodigestor de modelo chinês.....	22
Figura 3. Biodigestor modelo canadense.	23
Figura 4. Localização do RU (Restaurante Universitário) no Campus Darci Ribeiro da UnB.	27
Figura 5. Foto da vala concluída.	29
Figura 6. Foto da equipe de trabalho da escavação da vala.	29
Figura 7. Foto da vala antes da instalação do biodigestor, com a manta BITIM-07 ..	30
Figura 8. Ilustração do posicionamento do biodigestor e da tubulação de entrada e saída dos rejeitos	31
Figura 9. Foto do Biodigestor após a instalação da estufa.....	31
Figura 10. Balança digital	32
Figura 11. Local de saída dos resíduos do restaurante e local da pesagem;	33
Figura 12. Foto da bolsista no processo de pesagem dos resíduos.	33
Figura 13. Fotos dos resíduos próximo ao local do biodigestor.	34
Figura 14. Foto da etapa de pré-tratamento.....	35
Figura 15. Foto do resíduo orgânico com a presença de garrafas plásticas antes do processo de triagem.....	36
Figura 16. Balança digital para pesagem dos resíduos.....	37
Figura 17. Etapa de carga do biodigestor.	37
Figura 18. Biodigestor após a etapa de carga, 15 de dezembro.....	38
Figura 19. Aspecto físico do biodigestor no dia 06/01/2016.....	43

Figura 20. Um dos pontos de fuga de biogás identificados no biodigestor.	44
Figura 21. Composição química do biogás	46

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	14
• Tema:	16
• Objetivo geral	16
• Objetivos específicos.....	16
• Questão de pesquisa.....	16
1 CAPITULO – REFERENCIAL TEÓRICO.....	17
1.1 O que é biodigestor anaeróbio	18
1.1.1 Histórico do biodigestor	18
1.1.2 Principais tipos de biodigestor anaeróbios	20
1.2 Digestão anaeróbia	23
1.3 O que é o biogás	24
1.4 Potencial da digestão anaeróbia na produção de energia.....	25
2 CAPITULO – METODOLOGIA	26
2.1 O Restaurante Universitário	26
2.2 Construção e instalação do biodigestor.....	28
2.3 Etapa de pesagem dos resíduos.....	32
2.4 Etapa de pré-tratamento dos resíduos e carga do biodigestor.....	34
2.5 Monitoramento do biodigestor	38
3 CAPITULO - RESULTADOS E DISCUSSÃO	39

3.1 Resíduos do RU	39
3.2 Quantidade resíduos inseridos no biodigestor.....	42
3.3 Monitoramento.....	43
3.4 Geração de biogás	44
3.5 Geração de biofertilizante.....	47
CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....	48
REFERÊNCIAS.....	50

INTRODUÇÃO

Diante do crescimento populacional e das atuais necessidades da sociedade surge a preocupação com o meio ambiente e com isso cresce a busca por alternativas que causem menos impacto ambiental.

O uso de energias renováveis é uma maneira de minimizar a dependência de combustíveis fósseis, reduzindo a emissão de gases de efeito estufa, assim como a poluição e outros impactos diretamente relacionados ao uso de energia de fontes não renováveis. (OLIVEIRA, 2014)

Segundo Gomes, Aquino e Colturato (2012) o aproveitamento energético de resíduos alimentares tem sido cada vez mais explorado, já que este é uma possível solução para um conjunto de problemas, desde o acúmulo de resíduos que causam mau cheiro e atraem vetores indesejados, à contaminação das águas quando há destinação final incorreta.

As pesquisas relacionadas a conciliar a gestão de resíduos sólidos com a busca por tecnologias que aproveitem a energia existente nos resíduos, e a diminuição da emissão de gases de efeito estufa na atmosfera, é uma das vertentes de inúmeras pesquisas a nível mundial. (GOMES et al, 2012)

O biogás, advindo do processo anaeróbio de um biodigestor, é uma alternativa para o aproveitamento energético de resíduos, podendo ser obtido com resíduos alimentares que normalmente são desperdiçados. (REIS, 2012)

Este trabalho é um recorte inicial da pesquisa de uma tese de doutorado inserida no âmbito do projeto “Vitrine da Sustentabilidade”, do Centro de desenvolvimento Sustentável da UnB, que teve início no ano de 2014, e tem como objetivo criar um ciclo sustentável. O projeto é composto por um grupo interdisciplinar formado por 5 estudantes de graduação, sendo um destes a autora deste trabalho, 1 doutorando, e é coordenado pela Professora Doutora Izabel Zaneti e o Professor Doutor João Nildo Vianna, ambos do Centro de Desenvolvimento Sustentável da Universidade de Brasília.

Tem como objetivo quantificar a produção de resíduos alimentares no Restaurante Universitário da Universidade de Brasília, do Campus Darci Ribeiro, o

número de refeições oferecidas e a quantidade de resíduos gerados com a qualificação entre alimentos crus, descartados no pré-preparo, e os alimentos cozidos, descartados pelos alunos, e sobras do que foi produzido, servido e não consumido. Assim como a implementação de um biodigestor anaeróbio na Universidade de Brasília, e sua potencialidade na produção de biogás, como alternativa para diminuir a destinação desses resíduos diretamente ao “Lixão da estrutural”.

No capítulo 1 será apresentado um breve referencial teórico, com alguns conceitos fundamentais para abordar o tema do aproveitamento energético de resíduos alimentares por meio de um biodigestor anaeróbio. No capítulo 2 mostrará a metodologia usada, que se trata de um estudo de caso, descrevendo os passos da coleta de dados no Restaurante Universitário, a construção e instalação do biodigestor, e as etapas iniciais necessárias até a produção do biogás. No capítulo seguinte serão abordados os resultados e a discussão, e finalizando com as conclusões e recomendações para trabalhos futuros.

- **Tema:**

Resíduos alimentares do Restaurante Universitário e sua potencialidade energética por meio de um biodigestor anaeróbio.

- **Objetivo geral**

Quantificar a produção de resíduos alimentares no Restaurante Universitário e o seu aproveitamento energético por meio da implementação de um biodigestor anaeróbio na Universidade de Brasília.

- **Objetivos específicos**

- i. Quantificar e comparar o desperdício gerado no Restaurante Universitário em dois períodos: novembro de 2014 e novembro de 2015;
- ii. Qualificar os resíduos alimentares produzidos pelo RU.
- iii. Identificar a quantidade de resíduos processados pelo biodigestor e a quantidade de resíduos que deixam de ser destinados ao lixão;
- iv. Instalar um biodigestor anaeróbio, monitorar as etapas para a produção de biogás e quantificar o gás gerado.

- **Questão de pesquisa**

O biodigestor é uma alternativa de biotecnologia e inovação para o aproveitamento energético de resíduos do Restaurante Universitário da UnB?

1 CAPÍTULO – REFERENCIAL TEÓRICO

O uso de energias renováveis é uma alternativa para diminuir a dependência da utilização de combustíveis fósseis nas atividades industriais e cotidianas, e consequentemente minimizar os passivos ambientais causados pelo uso de energias não renováveis, como a poluição, emissão de gases de efeito estufa e outros impactos diretamente relacionados ao uso de energia advindas de fontes não renováveis, como exaurir o próprio recurso.

Segundo Pacheco (2006), em vista das inúmeras discussões a respeito da questão energética diante da situação internacional de escassez do petróleo e pelos recentes problemas ambientais ocasionadas pela queima de combustíveis fósseis, surgem pesquisas e estudos técnicos, de impactos econômicos, socioeconômicos e ambientais na questão de energias alternativas ou renováveis voltados para o desenvolvimento de alternativas na produção de energia, a partir da força dos ventos, a energia eólica; por meio da captação da luz do sol, a energia solar, a partir de pequenas centrais hidroelétricas e também a partir de matéria orgânica de origem animal e vegetal, a biomassa.

Atualmente, a nova ordem mundial é a busca pela autossuficiência em geração de energia, ligada a uma diversificação da matriz energética, ou seja, a procura por diferentes fontes de energias alternativas que supram a demanda interna dos países, no caso de uma escassez de combustíveis fósseis. (PACHECO, 2006)

A energia renovável ou as fontes alternativas de energia vêm no decorrer dos tempos ganhando força, e mais adeptos ao seu desenvolvimento e aplicação, tornando-se uma alternativa duradoura para a situação em que o mundo se encontra, onde a utilização de outras formas de energia, não renováveis, geram uma grande degradação do meio ambiente o qual é incontestável do ponto de vista social, econômico e humano. (SILVA, 2009)

De acordo com Langer e Barbosa (2016), o uso de energias renováveis por meio da utilização do aproveitamento energético da biomassa é uma alternativa tecnológica capaz de gerar ótimos resultados, aprimorando a gestão dos recursos econômicos do local, reduzindo os impactos ambientais causados pelos resíduos orgânicos e evitando danos à saúde humana por motivo de contaminação do meio

ambiente, além de contribuir para a estabilização dos níveis de consumo dos recursos naturais e solucionar o problema de abastecimento energético a nível mundial.

Neste capítulo iremos abordar os conceitos referentes à cadeia produtiva que envolve o biodigestor, a produção do biogás e a digestão anaeróbia, que é uma tecnologia alternativa sustentável. E atende, em parte, as disposições legais impostas pela Política Nacional de Resíduos Sólidos- PNRS (Brasil, 2012), uma vez que aproveita o resíduo sólido orgânico, evitando que sua destinação final seja incorreta, em lixões. Tal política exigia que até 2014 todos os lixões deveriam ser extintos, porém essa realidade não foi posta em prática.

1.1 O que é biodigestor anaeróbio

De acordo com Silva (2009), a forma mais utilizada para geração de energia elétrica utilizando a biomassa como matéria prima, é pelo uso de biodigestores, que são cada vez mais utilizados em termos mundiais. Ele define biodigestor como o meio ou aparelho no qual se processa a biodigestão.

É possível, portanto, definir o biodigestor como um aparelho destinado a conter a biomassa e fornecer as condições adequadas e propícias para que um grupo especial de bactérias degrade o material orgânico, a biomassa, e consequentemente gere seu produto: o biogás. (GASPAR, 2003)

E segundo Machado (2014), o biodigestor é um reator biológico na forma de uma câmara fechada que degrada matéria orgânica em seu interior, como dejetos animais, resíduos vegetais e lixo orgânico, em condições anaeróbias (ausência de oxigênio), produzindo como subprodutos o biogás e o biofertilizante.

Para Castanho e Arruda (2008), o biogás é um combustível gasoso com um conteúdo energético elevado e semelhante ao gás natural, e pode ser utilizado para geração de energia elétrica, térmica ou mecânica, contribuindo para a redução dos custos de produção.

1.1.1 Histórico do biodigestor

Os primeiros países a utilizarem o processo de biodigestão, de forma mais intensa e com finalidade energética foram a Índia e a China (décadas de 50 e 60),

sendo que esses países, do terceiro mundo, desenvolveram seus próprios modelos de biodigestores. (NOGUEIRA, 1986)

“Em 1806, na Inglaterra, Humphrey Davy identificou um gás rico em carbono e dióxido de carbono, resultante da decomposição de dejetos animais em lugares úmidos. [...] Ao que parece, apenas em 1857, em Bombaim, Índia, foi construída a primeira instalação operacional destinada a produzir gás combustível, para um hospital de hansenianos. Nessa mesma época, pesquisadores como Fisher e Schrader, na Alemanha e Grayon, na França, entre outros, estabeleceram as bases teóricas e experimentais da biodigestão anaeróbia. Posteriormente, e, 1890, Donald Cameron projetou uma fossa séptica para a cidade de Exeter, Inglaterra, sendo o gás produzido utilizado para iluminação pública. Uma importante contribuição para o tratamento anaeróbio de esgotos residenciais foi feita por Karl Imhoff, na Alemanha, que, por volta de 1920, desenvolveu um tanque biodigestor, o tanque Imhoff, bastante difundido na época.” (NOGUEIRA, 1986, p. 1-2)

Sganzerla (1983), também aponta para Bombaim como o ponto inicial do biodigestor, declarando que em 1950 foi instalado o primeiro biodigestor, posto em funcionamento de forma contínua.

A utilização do biogás, também conhecido como gobar gás ou “gás de esterco na Índia, como fonte de energia motivou a China a adotar a tecnologia a partir de 1958. (NOGUEIRA, 1996)

Entretanto, o interesse da China pelo uso de biodigestores deveu-se, originalmente, a questões militares. Preocupada com a Guerra Fria, a China temeu que um ataque nuclear impedisse toda e qualquer atividade econômica, principalmente industrial, no país. Assim, com a criação de pequenas unidades de biodigestores ao longo do país, algumas poderiam escapar ao ataque inimigo. (GASPAR, 2003)

“Há pelo menos meio século, para os chineses, a implantação de biodigestores transformou-se em questão vital, incrustada em lógicas de política internacional. Um país continental, com excesso de população, a China buscou, durante os anos 50 e 60, no auge da Guerra Fria, por uma alternativa de descentralização energética. Baseavam-se em uma lógica simples. No caso de uma guerra que poderia significar a destruição quase total da civilização como a conhecemos - o ataque às centrais energéticas, como poderosas usinas hidroelétricas, representaria o fim de toda atividade econômica. Isso porque a energia deixaria de ser disponível nos grandes centros, mas naqueles pequenos centros, as pequenas unidades de biodigestão conseguiriam passar incólumes ao poder inimigo. A descentralização, portanto, implica em criar unidades suficientes nas pequenas vilas, vilarejos e regiões mais longínquas. Desnecessário dizer a razão pela qual os biodigestores fizeram parte da estratégia.” (BARRERA, 1993, p. 17)

Atualmente, no entanto, a china possui um motivo mais simples e urgente para manter e expandir o programa de biodigestores. Por possuir uma população de mais de um bilhão de pessoas para alimentar, não é possível ou recomendável promover a mecanização da atividade agrícola em larga escala, pois isso resultaria em um índice de desemprego rural enorme. Com isso, o governo chinês optou pelo aproveitamento e aperfeiçoamento de rudimentares técnicas de cultivo do solo, com os biodigestores desempenhando papel de destaque, já que este tem também como subproduto o biofertilizante. (GASPAR, 2003)

Com isso, é possível identificar dois extremos de necessidade para utilização de biodigestores. Os Indianos, por não possuir autossuficiência em combustíveis fósseis, utilizavam dos biodigestores para cobrir o imenso déficit de energia. Já os chineses buscam, nessa tecnologia, o biofertilizante que precisam para produção dos alimentos necessários ao seu excedente de população. Então foram desenvolvidos dois modelos diferentes de biodigestor: o modelo chinês, mais simples e econômico e o modelo indiano, mais sofisticado e técnico, a fim de aproveitar melhor a produção de biogás. (GASPAR, 2003)

De acordo com Palhares (2008), foi a partir da crise energética em 1973, que a utilização de biodigestores passou a ser uma opção adotada tanto por países ricos como países do terceiro mundo. Com base em um relatório técnico da FAO, a Embrater instalou em novembro de 1979, o primeiro biodigestor, modelo chinês, na Granja do Torto em Brasília.

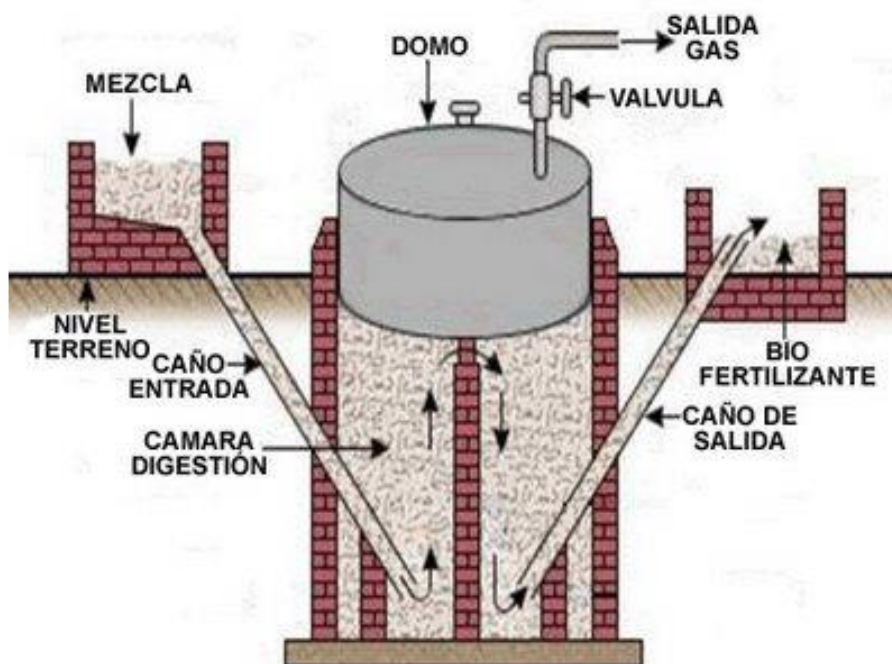
E atualmente no Brasil os biodigestores são, em sua grande maioria, utilizados em ambiente rural para lidar com a questão dos dejetos animais. (METZ, 2013)

1.1.2 Principais tipos de biodigestor anaeróbios

Com base na literatura, existem diversos tipos de biodigestores, porém os mais difundidos são os chineses, indianos e canadenses. Onde cada um possui suas características peculiares, porém ambos têm a função de criar a condição anaeróbica, ou seja, total ausência de oxigênio para que a biomassa seja completamente degradada. (OLIVEIRA, 2014)

Segundo Barrera, (1993), o modelo indiano caracteriza por possuir uma campânula como gasômetro, a qual pode estar inserida na biomassa em fermentação e uma parede no centro a fim de dividir o tanque de fermentação em duas câmaras. A função desta parede é fazer com que o material circule por todo o interior da câmara de fermentação. Esse modelo trabalha com uma constante pressão de operação, sendo construído inserido no solo, ocupando pouco espaço no terreno, conforme mostra a figura 1. Assim em termos de custos, o modelo dispensa o uso de esforços, o que barateia as despesas. Seu abastecimento deverá ser contínuo, apresentando certa regularidade no fornecimento de dejetos.

Figura 1. Esquema de um biodigestor de modelo indiano



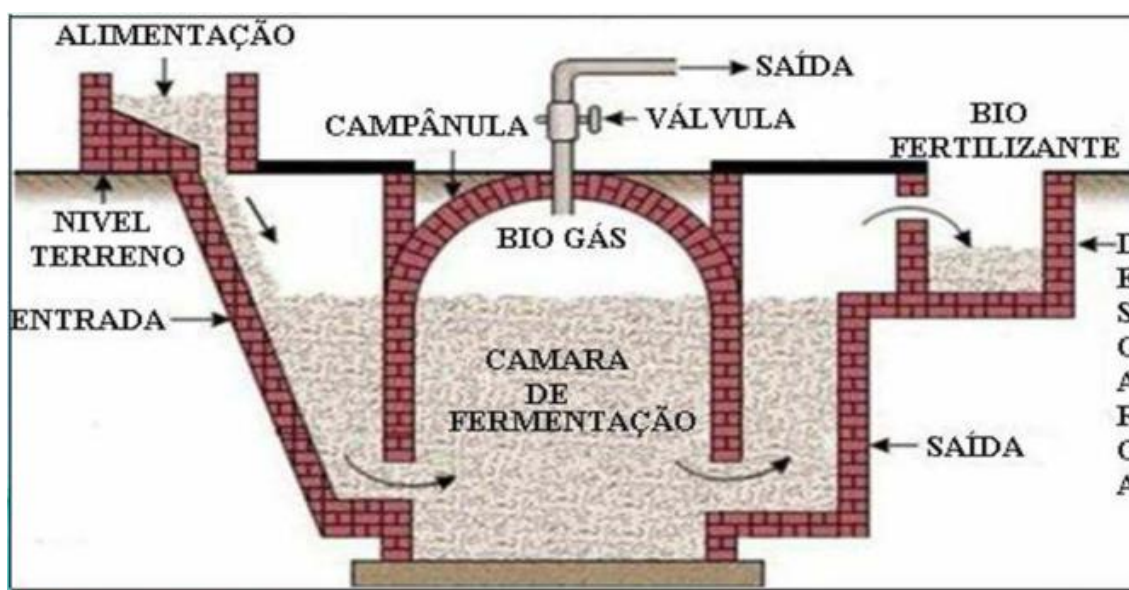
Fonte. Silva, 2009, pág. 5.

Já o modelo de biodigestor chinês é constituído basicamente por uma câmara cilíndrica em alvenaria (tijolo) para proporcionar a fermentação do substrato, com teto impermeável, destinado ao armazenamento do biogás. Este modelo de biodigestor trabalha com base de pressão hidráulica, de maneira que os aumentos de pressão interna resultantes do acúmulo de biogás geram deslocamento do efluente da câmara de fermentação para a caixa de saída, e em sentido contrário quando ocorre descompressão. É construído normalmente sem o uso de gasômetro em chapa de

aço, reduzindo os custos, contudo fica suscetível a ter problemas de vazamento do biogás caso a estrutura não seja bem impermeabilizada. (BONTURI; DIJK, 2012)

Os principais componentes de um biodigestor modelo Chinês são os seguintes: caixa de carga, tubo de carga, câmara de biodigestão cilíndrica com fundo esférico, gasômetro em formato esférico, galeria de descarga e caixa de descarga. (JUNIOR apud SOUSA, 2009)

Figura 2. Esquema de um biodigestor de modelo chinês.



Fonte. Fonseca et al., 2009

O biodigestor modelo Canadense (Figura 2) é um modelo tipo horizontal, apresentando uma caixa de carga em alvenaria e com a largura maior que a profundidade, possuindo, portanto, uma área maior de exposição ao sol, o que possibilita numa grande produção de biogás e evitando o entupimento. Durante a produção de gás, a cúpula do biodigestor infla porque é feita de material plástico maleável (PVC), podendo ser retirada. O maior empecilho deste equipamento é o alto custo da cúpula. (DEUBLEIN & STEINHAUSER, 2008)

O biodigestor modelo Canadense é um modelo tipo horizontal, com sentido de fluxo tubular, apresentando uma geometria retangular, construído em alvenaria e com a largura maior que a profundidade, assim tendo uma grande área de exposição ao sol, que em climas quentes contribui para a produção de biogás pela elevação da temperatura. (CASTANHO & ARRUDA, 2008)

Atualmente o modelo mais utilizado no Brasil é o modelo Canadense (HAACK, 2009; KARQUÍDIO, 2009), que vem sendo o mais utilizado comparado aos outros modelos devido a facilidade de implantação e custos reduzidos. Esse modelo possui uma lona de PVC como cobertura em substituição às campânulas (metálica ou de fibra de vidro), vistas nos modelos anteriores (chinês e indiano), como mostra a figura 3. (LINDEMAYER, 2008).

Figura 3. Biodigestor modelo canadense.



Fonte. Oliveira, 2012

1.2 Digestão anaeróbia

A digestão anaeróbia, segundo Teixeira (2005), é um processo biológico causado por ação bacteriana. Onde as bactérias anaeróbias, que são responsáveis pelo processo de digestão, não sobrevivem em ambientes com a presença de oxigênio. Contudo, devido ao oxigênio presente na composição dos resíduos orgânicos, que é a matéria prima do processo, demora um tempo até que as bactérias aeróbias o consumam, para então iniciar o processo de digestão anaeróbia.

No entanto, o conceito de digestão anaeróbia a define como um processo microbiológico em que em meio com a ausência de oxigênio a matéria orgânica é degradada e produz uma mistura de gases, onde os principais são, metano e dióxido de carbono. (NOGUEIRA, 1996; CHERNICHARO, 1997 GASPAR, 2003; OLIVEIRA,2012).

Chernicharo (1997) e Carrilho (2012) abordam que o processo de digestão anaeróbia pode ocorrer em diversos ambientes naturais, como por exemplo, nos pântanos, campos de arroz, sedimentos marinhos e no aparelho digestivo de animais superiores.

1.3 O que é o biogás

De acordo com Teixeira (2005) e Soares (2011), o biogás é o produto da decomposição natural de qualquer substância orgânica, como dejetos de animais, resíduos vegetais e também de lixo residencial e industrial. O principal componente do biogás é o metano, que corresponde a cerca de 65% de sua composição, o dióxido de carbono (CO_2) corresponde a cerca de 34%, e os 1% restante é constituído por diversos gases, como nitrogênio (N_2), hidrogênio (H_2), oxigênio (O_2) e gás sulfídrico (H_2S), gás responsável pelo odor característico da mistura e pela corrosão dos componentes do sistema de biogás. E as matérias primas mais comuns para a produção de biogás são rejeitos de suinocultura, pecuária e avicultura, resíduos agrícolas, resíduos industriais (bagaços e descartes), restos alimentares e vinhaça.

Pecora (2006) define o biogás como uma mistura gasosa inflamável, produzida por meio da digestão anaeróbia, processo fermentativo que tem como finalidade a remoção de matéria orgânica, a formação de biogás e a produção de biofertilizantes ricos em nutrientes.

Para Silva (2009), o aproveitamento energético do biogás tem adquirido nos últimos anos um desempenho muito relevante no contexto da geração de energia com base em fonte renovável. O biogás é um dos principais produtos da digestão anaeróbia da matéria orgânica, sendo produzida em quantidade bastante significativa a partir de processos naturais. Por isso, a produção de biogás significa um importante avanço no sentido de ser uma solução para o problema da indisponibilidade de combustíveis no meio rural, além de ser um meio de incentivo à agricultura, já que com o biofertilizante como sub produto promove a devolução de produtos vegetais ao solo, aumentando o volume e a qualidade de adubo orgânico. Com isso, o biogás traz vantagens e eficiência em várias aplicações, o que facilita a implantação dos biodigestores para fins sociais, ambientais e econômicos.

1.4 Potencial da digestão anaeróbia na produção de energia

Para Pecora (2006) existem duas situações possíveis para o aproveitamento do biogás. A primeira consiste na queima direta (aquecedores, esquentadores, fogões, caldeiras). A segunda diz respeito à conversão de biogás em eletricidade. Isto significa que o biogás permite a produção de energia elétrica e térmica.

Segundo diversos autores, a forma mais eficiente e economicamente rentável de valorizar o biogás, produzido em unidades de pequena escala, é por meio da sua queima direta, utilizada para aquecer instalações ou para a preparação de refeições em cozinhas (BISSCHOPS, et al., 2009).

Brown, Muller e Dobrotkova (2011), afirmam que a digestão anaeróbia é uma tecnologia comercial já bem estabelecida, e o seu sucesso económico depende fortemente da disponibilidade de matéria-prima, que consegue sempre de maneira muito barata ou de forma gratuita, como lodo de esgoto, esterco e alguns resíduos agrícolas.

2 CAPÍTULO – METODOLOGIA

O estudo de caso é um dos tipos de pesquisa qualitativa com um forte cunho descritivo, tendo como propósito essencial descrever como é o caso em estudo, podendo ter um profundo alcance analítico, interrogando uma situação e procurando problematizar o seu objeto. Pode ajudar a gerar novas teorias e novas questões para futuras investigações. Um estudo descritivo pode ser necessário para preparar um programa de intervenção. (VILABOL)

Primeiramente, foi identificado no Restaurante Universitário (RU) da Universidade de Brasília - UNB uma problemática a respeito da produção de resíduos sólidos orgânicos e o seu não aproveitamento, já que estes são recolhidos e descartados diretamente no Lixão.

Com isso, o trabalho em forma de estudo de caso visa analisar uma alternativa para o aproveitamento dos resíduos alimentares do RU, descrevendo todas as etapas, dentre elas, quantificar os resíduos por meio de pesagens, a construção e a instalação de um biodigestor da marca BGS de 10m³, no edifício Maquetes e Protótipos do Instituto de Artes da UnB, bem como as etapas de pré-tratamento dos resíduos, a sua inserção no biodigestor, a etapa de manutenção, até a produção e avaliação do biogás gerado.

2.1 O Restaurante Universitário

O Restaurante Universitário de Brasília está localizado no Campus Darci Ribeiro da Universidade de Brasília (UnB), como mostra a figura 4. Foi Projetado pelo professor José Galbinski, do Departamento de Arquitetura e Urbanismo da UnB, sendo inaugurado em 1975.

Segundo a administração do Restaurante Universitário, em média, 6.000 refeições são servidas por dia para alunos, servidores e visitantes da Unb. A estrutura do restaurante conta com uma área de 6.333 m², 4 andares, 1 cozinha central, 6 refeitórios, 6 cozinhas-minuto, 6 caixas para compra de tíquetes, 1 guarda-volumes e banheiros. E trabalha com horário de funcionamento de segunda à domingo, sendo o café da manhã servido das 7h às 9h; o almoço servido das 11h às 14h30; e o jantar das 17h às 19h30.

A empresa prestadora do serviço de produção e distribuição de refeições no RU atualmente é a empresa Sanoli Indústria e Comércio de Alimentação LTDA.

Figura 4. Localização do RU (Restaurante Universitário) no Campus Darci Ribeiro da UnB.



Fonte. Site do RU, <http://www.ru.unb.br/localizacao-do-ru>

No cenário atual, os resíduos gerados são recolhidos pelos Serviços de Limpeza Urbana (SLU) e depositados no aterro controlado do Jôquei Club de Brasília (JCB), situado na cidade satélite Estrutural, no Distrito Federal. Mas de acordo com Barbosa (2015) apesar de ser designado pelo Governo do Distrito Federal (GDF) como um “aterro controlado”, ele não está dentro das normas de disposição final de resíduos sólidos urbanos (RSU), já que não conta com impermeabilização adequada que previna a contaminação do solo e dos lençóis freáticos. Por isso é também denominado como “Lixão da estrutural”.

Com esta destinação final dos resíduos em local inadequado os resíduos representam um passivo ambiental que contribui para o crescente acúmulo de resíduos a céu aberto, formando os ditos lixões, que emitem gases de efeito estufa (GEE) para a atmosfera, e geram efluentes que degradam o solo, e podem contaminar os lençóis freáticos. (JÚNIOR 2006)

Diante disso, veio a necessidade de buscar alternativas que minimizem o impacto e proporcione um aproveitamento energético dos resíduos alimentares do RU que até então estavam sendo desperdiçados.

2.2 Construção e instalação do biodigestor.

Para a instalação do biodigestor da marca BGS com base no manual de instruções “KIT biodigestor 10 m³”, foi construída uma vala de 2 metros de largura, por 3,70 de comprimento, por 1 metro de profundidade, formando paredes retas e perpendiculares ao solo no fundo da vala. A fim de evitar o desmoronamento das paredes, devido a características do solo, foi construída uma vala de ancoragem de 30cm de largura ao redor da vala principal do biodigestor. Ele encontra-se em terreno plano e próximo ao local de destino final do gás, onde situa-se o prédio da Maquete e protótipos do Instituto de Artes da Unb.

Nas extremidades da vala há dois canais com 45º graus de inclinação e 0,2 m de largura, para a entrada de resíduos alimentares e saída dos rejeitos da biodigestão.

As figuras 5 e 6, a seguir, mostram a vala pronta, e a equipe de trabalho no período de escavação da mesma, com integrantes do projeto Vitrine da Sustentabilidade e funcionários da prefeitura da Universidade de Brasília.

Figura 5. Foto da vala concluída.



Fonte. Maria tereza Lima Vilarinho, 2015.

Figura 6. Foto da equipe de trabalho da escavação da vala.



Fonte. Maria Tereza Lima Vilarinho, 2015.

Com a vala pronta, antes da instalação do biodigestor foi colocada uma manta BITIM RT-07 sobre a mesma para revestir toda a superfície. Como mostra a figura 7.

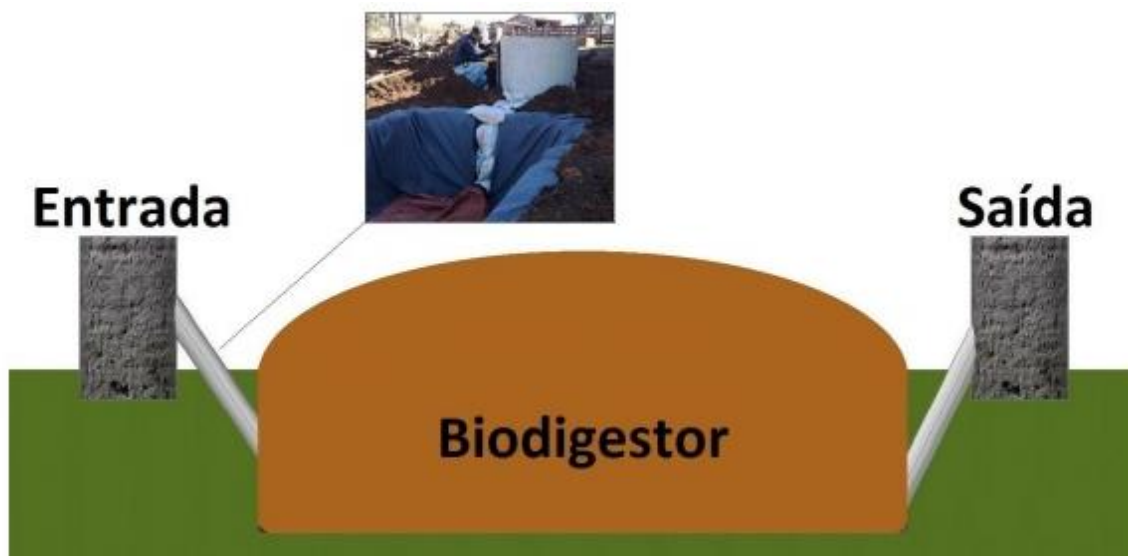
Figura 7. Foto da vala antes da instalação do biodigestor, com a manta BITIM-07



Fonte. Maria Tereza Lima Vilarinho, 2015.

A seguir, na figura 8, a ilustração de como o Biodigestor de PVC de 10 M³ foi instalado dentro da vala, conforme demonstrado no próprio Manual, com as aberturas de entrada e de saída nas extremidades e a válvula de retirada de biogás virada para cima.

Figura 8. Ilustração do posicionamento do biodigestor e da tubulação de entrada e saída dos rejeitos



Fonte. Manual de instruções KIT biodigestor 10 m³, 2014.

Para finalizar a instalação do biodigestor foi construído, no ano seguinte, um tipo de “estufa” para protegê-lo de chuvas, de raio UV e de possíveis danos a cobertura causados por galhos de árvores e animais, além colaborar com o aumento da temperatura no biodigestor. Como mostra a figura a seguir:

Figura 9. Foto do Biodigestor após a instalação da estufa.



Fonte. Maria Tereza Lima Vilarinho, 2016.

2.3 Etapa de pesagem dos resíduos.

Para obtenção dos dados da quantidade de todos os resíduos alimentares descartados pelo Restaurante Universitário, foram realizadas pesagens no local desde o primeiro ao último descarte do dia, durante cinco dias consecutivos, de segunda à sexta, no mês de novembro de 2014 e novamente em novembro de 2015.

A escolha do primeiro período ocorreu devido ao projeto “Vitrine da Sustentabilidade” começar suas atividades em novembro de 2014, e ainda ser em dias letivos na UnB, já o segundo período foi realizado logo após que a construção e instalação do biodigestor finalizou, também em período letivo da UnB.

Os resíduos de todas as etapas, desde o pré-preparo ao descarte dos alunos, foram pesados por meio de uma balança digital (Modelo 2144/1, capacidade máxima: 100 kg, capacidade mínima: 0,4 kg; tolerância: 0,02 kg), no próprio local de descarte dos resíduos, não permitindo que resíduos tenham sido descartados sem passarem pelo processo de pesagem.

As figuras 10, 11 e 12, a seguir, são respectivamente da balança digital usada para pesagem dos resíduos, do local da passagem dos resíduos e da aluna bolsista do projeto no horário da pesagem:

Figura 10. Balança digital



Fonte. Maria Tereza Lima Vilarinho, 2016.

Figura 11. Local de saída dos resíduos do restaurante e local da pesagem;



Fonte. Maria Tereza Lima Vilarinho, 2016.

Figura 12. Foto da bolsista no processo de pesagem dos resíduos.



Fonte. Maria Tereza Lima Vilarinho, 2016.

A partir dos valores diários obtidos, foi possível determinar a massa total dos resíduos gerados durante o intervalo de tempo considerado (10 dias), o valor médio diário e o volume desperdiçado em média por aluno.

2.4 Etapa de pré-tratamento dos resíduos e carga do biodigestor.

Com a preparação do local e a instalação do biodigestor finalizada começou os processos de recolhimento dos resíduos diariamente no RU, o pré-tratamento dos resíduos e a carga no biodigestor. Estes processos foram realizados em 22 dias, com início no dia 23 de novembro de 2015 e término no dia 15 de dezembro de 2015, exceto nos finais de semana.

O transporte dos resíduos alimentares do RU ao local da Maquete contou com o apoio da Prefeitura da Universidade de Brasília. Os resíduos foram recolhidos diretamente no local do descarte de resíduos, interceptando-os antes de serem descartados em containers, sempre no horário pós-almoço, aproximadamente às 15h, todos os dias, exceto nos finais de semana. A seguir foram levados para as proximidades do biodigestor, contribuindo com o processo seguinte, como mostra nas figuras a seguir.

Figura 13. Fotos dos resíduos próximo ao local do biodigestor.



Fonte. Maria Tereza Lima Vilarinho, 2015.

A etapa de pré-tratamento é necessária para que se obtenha uma matéria prima homogênea e sem qualquer tipo de material inibidor ou não-degradável

(BRANCOLI, 2014). Esta etapa foi composta pelos processos de triagem, trituração e diluição dos resíduos (Figura 14).

Para o funcionamento correto do biodigestor é necessário garantir que somente resíduos orgânicos sejam inseridos para que não atrapalhe ou impeça digestão das bactérias em seu interior, por isso o processo de triagem foi de extrema importância. O método escolhido foi o manual, de modo que fossem feita a retirada dos materiais indesejados e deixassem prosseguir apenas os resíduos alimentares, como pode observar também na figura 14.

O RU possui um regulamento interno de separação de resíduos secos e orgânicos, e com isso, recolhemos somente os resíduos separados como orgânicos, mas não foi suficiente para que não houvesse plásticos, metais, vidro, e outros materiais inorgânicos misturados, como mostra a figura 15.

Figura 14. Foto da etapa de pré-tratamento.



Fonte. Maria Tereza Lima Vilarinho, 2016.

Figura 15. Foto do resíduo orgânico com a presença de garrafas plásticas antes do processo de triagem.



Fonte. Maria Tereza Lima Vilarinho, 2015.

Após o processo de triagem, foram realizados os processos de trituração e diluição dos resíduos a serem inseridos no biodigestor. Processos necessários para estabelecer a carga orgânica homogênea e com pequena granulação a fim de facilitar o processo de digestão das bactérias no interior do biodigestor.

Para esta etapa contamos com o apoio de alguns integrantes do Núcleo da Sustentabilidade da UnB, além de todos os integrantes da equipe do projeto Vitrine da Sustentabilidade para iniciar simultaneamente a etapa de carga do biodigestor anaeróbio.

Para a etapa de carga no biodigestor foi necessária a utilização de uma balança digital (balança: UR 10000 Light; máx.: 300 kg; min: 1 kg; e=50 g), apresentada na figura 16, para pesagem dos resíduos e o auxílio de um funil para facilitar a entrada dos resíduos, como mostra na figura 17.

Figura 16. Balança digital para pesagem dos resíduos.



Fonte. Maria Tereza Lima Vilarinho, 2015.

Figura 17. Etapa de carga do biodigestor.



Fonte. Maria Tereza Lima Vilarinho, 2015.

Ao finalizar as etapas de pré-tratamento, e de carga do biodigestor, no dia 15 de dezembro, o biodigestor foi mantido em observação, sem muitas intervenções,

para assim começar a etapa de monitoramento do biodigestor, em processo de digestão.

Para Kossman et al., (1997) as atividades de monitoramento e de manutenção de um biodigestor têm como objetivo prevenir a ocorrência de problemas, potencializar a produção de biogás e ainda aumentar o tempo de vida do mesmo. Além de intervir com reparos, caso seja necessário.

Figura 18. Biodigestor após a etapa de carga, 15 de dezembro.



Fonte. Maria Tereza Lima Vilarinho, 2015.

2.5 Monitoramento do biodigestor

Após o termino da etapa de carga do biodigestor foi instalado um termopar no seu interior para a medição de temperatura e conectada uma tubulação de transporte do biogás, o medidor de vazão, o pressurizador e o balão de armazenamento de biogás.

O monitoramento foi realizado de forma indireta, por meio da medição de temperatura interna e externa ao biodigestor, análises físico-químicas do efluente e pela verificação da produção de biogás. E de maneira direta com a observação do aspecto físico do biodigestor onde se pode observar o volume de gás produzido.

3 CAPÍTULO - RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Resíduos do RU

O primeiro período de pesagem ocorreu do dia 12 de novembro de 2014 ao dia 18 de novembro de 2014. A quantidade total de resíduos alimentares descartados pelo RU neste período foi superior a dez toneladas, tendo como média diária de aproximadamente duas toneladas, conforme mostra as tabelas 1 e 3 abaixo.

Tabela 1. Quantidade de resíduos alimentares descartados no período de pesagem de 2014 pelo Restaurante Universitário.

Quantidade de resíduos alimentares descartados no RU. Novembro de 2014				
Dia 12/11	Dia 13/11	Dia 14/11	Dia 17/11	18/11
2.282,1 kg	1.367,4 kg	2.195,7 kg	2.108,2 kg	2.825,7 kg

Fonte. Maria Tereza Lima Vilarinho, 2016.

No segundo período de pesagem, realizado em novembro de 2015, a quantidade de resíduos alimentares do Restaurante Universitário se manteve superior a 10 toneladas (nos 5 dias de pesagem), e valor médio diário permaneceu superior a duas toneladas, conforme mostra a tabela 2 e 3.

Tabela 2. Quantidade de resíduos alimentares descartados no período de pesagem de 2015 pelo Restaurante Universitário.

Quantidade de Resíduos Alimentares descartados no RU. Novembro de 2015				
Dia 16/11	Dia 17/11	Dia 18/11	Dia 19/11	Dia 20/11
2.479,58 kg	2.223,3 kg	1.880,8 kg	2.324,7 kg	2.153,7 kg

Fonte. Maria Tereza Lima Vilarinho, 2016.

Tabela 3. Quantidade de resíduos alimentares descartados no período de pesagem em 2014 e em 2015 no Restaurante Universitário e média diária de resíduos.

COMPARAÇÃO DE PESAGEM NOVEMBRO 2014/2015		
	Média diária de desperdício	Total desperdiçado segunda à sexta
Nov/14	2.155,8 kg	10.779,2 kg
Nov/15	2.212,4 kg	11.062,1 kg

Fonte. Maria Tereza Lima Vilarinho, 2016.

A quantidade de resíduos alimentares descartados está relacionada a fatores como a quantidade de refeições servidas e o cardápio do dia. A pesagem foi realizada de forma que abrangesse todos os dias da semana, exceto fim de semana. E observa nos quadros a seguir, a relação entre a produção de resíduos, e a quantidade de refeições servidas.

Quadro 1. Quantidade de usuários do RU e a quantidade de resíduos por refeição servida, 2014.

	Total refeições	Total de resíduos	Quantidade de Resíduos por refeição servida
Segunda	7.129	2.108,2 kg	0,295 kg/refeição
Terça	7.165	2.825,7 kg	0,394 kg/refeição
Quarta	6.757	2.282,1 kg	0,337 kg/refeição
Quinta	6.732	1.367,4 kg	0,203 kg/refeição
Sexta	4.724	2.195,7 kg	0,464 kg/refeição

Fonte: Maria Tereza Lima Vilarinho, 2016.

Quadro 2. Quantidade de usuários do RU e a quantidade de resíduos por refeição servida, 2015.

	Total refeições	Total de resíduos	Quantidade de Resíduos por refeição servida
Segunda	8.011	2.479,58 kg	0,309 kg/refeição
Terça	8.759	2.223,3 kg	0,253 kg/refeição
Quarta	7.808	1.880,8 kg	0,240 kg/refeição
Quinta	7.631	2.324,7 kg	0,304 kg/refeição
Sexta	5.949	2.153,7 kg	0,362 kg/refeição

Fonte: Maria Tereza Lima Vilarinho, 2016.

Como pode-se observar, o restaurante produz uma quantidade consideravelmente alta de resíduos sólidos orgânicos, e se utilizado de forma adequada, pode ser uma boa fonte alternativa de energia.

E com base no quadro é possível perceber que o dia de mais desperdício foram às sextas feiras, onde o número de refeições servidas foram consideravelmente menor, ou seja, mesmo com a diminuição da quantidade de usuários, refeições servidas, o restaurante mantém a quantidade total de resíduos produzidos no dia.

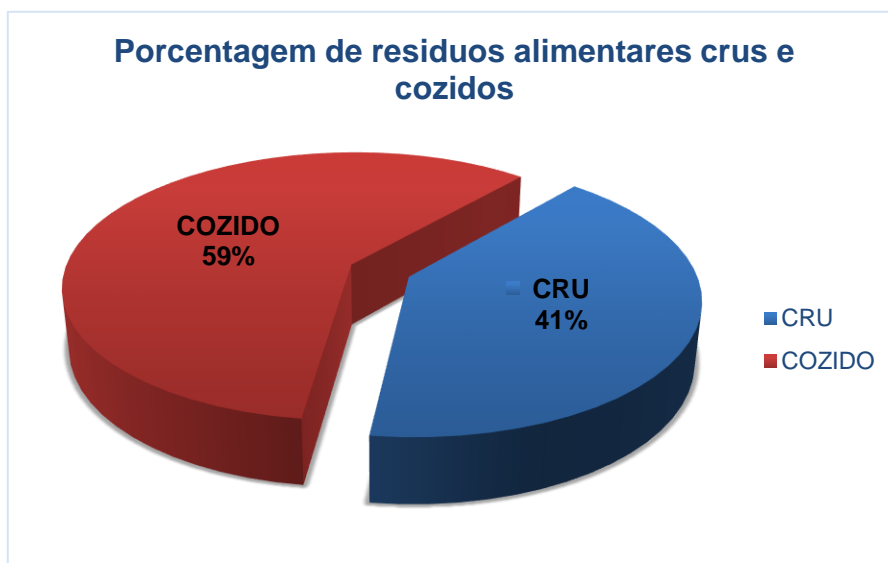
Para uma melhor análise da produção de resíduos alimentares no RU, recomendasse trabalhos futuros mais direcionados e mais detalhados, com a separação dos resíduos do pré-preparo, da cozinha principal, dos resíduos que são servidos e descartados na troca de bandeja ou no final da refeição por não terem sido consumidos, e dos resíduos descartados pelos usuários.

No entanto, a produção de resíduos alimentares do Restaurante Universitário ocorre em todas as etapas de produção e para qualificar a carga geral dos resíduos, a fim de mensurar o tipo de resíduo que posteriormente seria inserido no biodigestor, eles foram separados no período de pesagem entre crus e cozidos.

O resíduo, na etapa de pré-preparo, é composto basicamente por alimentos crus, como cascas de legumes, verduras, e cascas de frutas; já os resíduos originados na cozinha e as sobras do que foi servido, e não consumido, são basicamente alimentos cozidos, como carnes, arroz, feijão e outros; e no descarte vindo dos pratos dos clientes separamos os resíduos também como cozidos, pois em sua grande maioria é composto por alimentos cozidos, com pequena quantidade de crus, como saladas.

Assim, com base no período de pesagem de 2015, os alimentos crus, representaram cerca de 41% e os alimentos cozidos cerca de 59% dos resíduos alimentares descartados pelo RU, conforme mostra o gráfico abaixo.

Gráfico 1. Porcentagem de resíduos alimentares crus e cozidos.



Fonte. Maria Tereza Lima Vilarinho, 2016.

Com esse resultado observa-se que a maior parte do resíduo alimentar produzido pelo RU é composto por alimentos cozidos, ou seja, alimentos que foram preparados e disponibilizado aos usuários, podendo ser resultado de produção excedente de alimento e/ou alto índice de desperdício dos próprios usuários.

3.2 Quantidade resíduos inseridos no biodigestor

A operação de carga do biodigestor durou dezessete dias (23/11/2015 a 15/12/2015) e durante esse período foram colocados 3.176,3 kg de resíduos alimentares e 1.605,1 kg de água, totalizando 4.781,5 kg.

Com isso, pode-se inferir que a quantidade média de resíduos introduzidos diariamente no biodigestor foi de 186,4 kg, e 94,4 kg de água.

No entanto, a partir dos dados obtidos referentes a quantidade de resíduos alimentares produzidos no RU, estima-se que este biodigestor quando abastecido de forma contínua poderá aproveitar energeticamente aproximadamente 200 kg de resíduos por dia. O que representa cerca de somente 10% dos resíduos alimentares produzidos atualmente pelo RU.

3.3 Monitoramento

Na maior parte do tempo a temperatura interna do biodigestor esteve ligeiramente abaixo da temperatura externa (meio ambiente), sendo que a média de variação entre as duas manteve em torno de 1o C.

Durante o período de análise a temperatura no interior do biodigestor variou entre 22 e 33 oC, estabilizando abaixo da temperatura desejada para digestão, Que segundo Carrilho (2012), a temperatura mais adequada para que o processo de digestão anaeróbia de bioresíduos alimentares decorra de uma forma mais estável é de 35Cº, sem grandes variações. Mas a temperatura média ficou em torno de 26o C.

Entretanto, a produção de biogás se fez visível diante da observação do aspecto físico do biodigestor, onde pode-se observar na figura 19 o biodigestor em seu funcionamento pleno de produção de biogás.

Figura 19. Aspecto físico do biodigestor no dia 06/01/2016.



Fonte. Alfiado Victorino, 2016.

A etapa inicial do projeto Vitrine da Sustentabilidade, foi então concluída, finalizando essa etapa com o arranque para o funcionamento do biodigestor, onde os resíduos foram colocados em forma de batelada, ou seja, em um único período de inserção de resíduos seguido de um espaço de tempo de observação e monitoramento.

Contudo, a partir das próximas etapas, além das correções necessárias, o biodigestor deverá ser abastecido de forma contínua, ou seja, com inserção de resíduos constantemente, e de preferência com pouca variação na carga diária.

3.4 Geração de biogás

A quantidade de biogás gerado foi avaliada por intermédio do medidor de vazão instalado no sistema.

Logo após o fechamento do sistema e arranque da digestão, o biodigestor enfrentou sérios problemas de fuga de biogás, que com o decorrer do tempo foram sendo reparados. A ocorrência de vazamentos em diferentes pontos de ligação do sistema, como mostra a figura 20, atrasou o início do processo de geração de biogás.

Figura 20. Um dos pontos de fuga de biogás identificados no biodigestor.

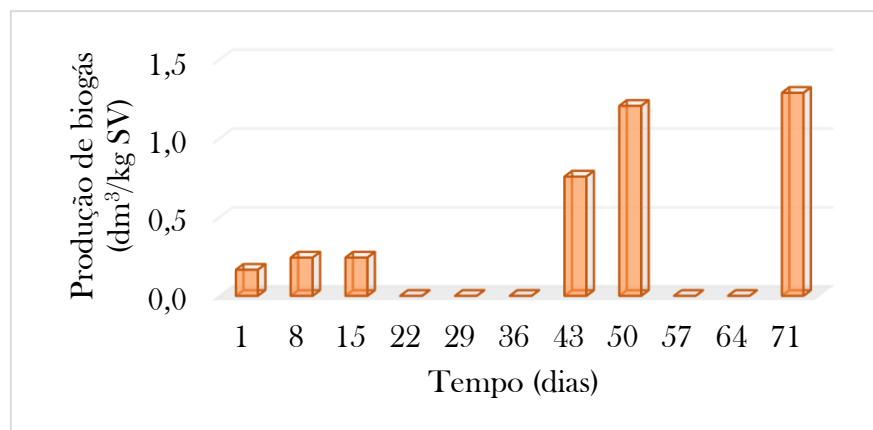


Fonte. Victorino et al, 2016.

Após quarenta e três dias o biodigestor começou a apresentar um nível de estabilidade na produção de biogás que permitiu que se iniciasse o processo de medição de vazão.

A quantidade de biogás gerado no biodigestor começou a ser medida no 43º dia (06/Janeiro/2016) depois de finalizada a etapa de carga, quando o biodigestor apresentou um aspecto físico inflado de aparente estabilidade na produção de biogás, e veio a ser interrompido nos meados de março/2016. O gráfico 2 apresenta a produção de biogás medida durante 10 semanas consecutivas. O gráfico mostra que nas primeiras seis semanas o medidor de vazão não registrou produção significativa de biogás. Entretanto, na sétima, oitava e décima semana foram registradas uma boa produção, com um período de interrupção de 2 semanas sem produzir. Supõe-se que a interrupção na produção do biogás ocorreu por motivos de falhas técnicas, já mencionadas anteriormente no trabalho, e pela falta de proteção no período de chuvas.

Gráfico 2. Produção de biogás.



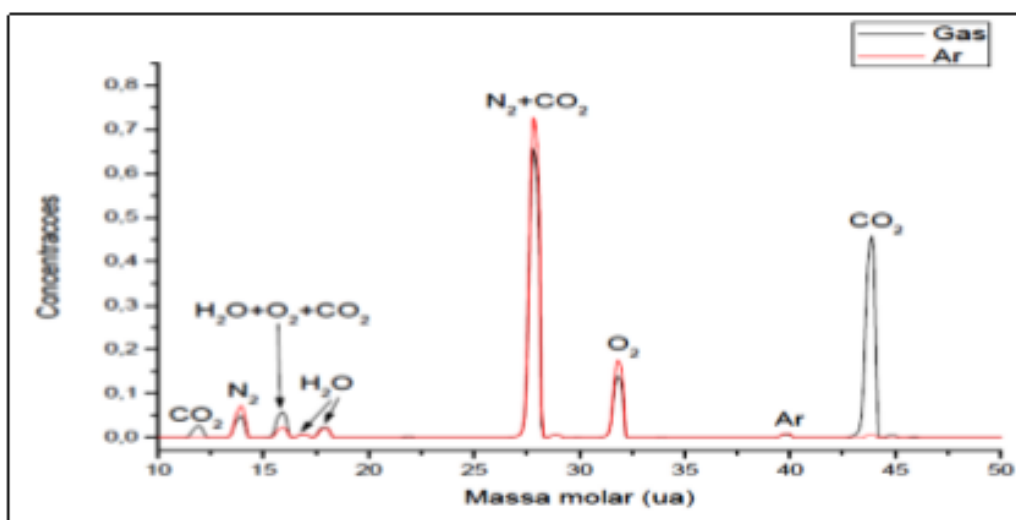
Fonte. Victorino et al. 2016.

Os baixos valores obtidos neste ensaio podem estar associados a vários fatores técnicos e operacionais, dentre os quais é possível destacar a temperatura ter se mantido abaixo do desejado e as recorrentes fugas de biogás registradas durante a operação do biodigestor.

Para análise da composição química do biogás, foi retirada uma amostra e enviada para o laboratório de fotobiorreatores do Instituto de Física da UnB. As análises foram feitas pelo método de espectrometria de massa (Analisador de Gás de

Alta Pressão) usando um espectrômetro de marca UGA-300. A figura 21, a seguir, apresenta a composição química da amostra do biogás gerado ao fim da etapa de monitoramento deste trabalho, no mês de maio de 2016.

Figura 21 Composição química do biogás



Fonte: Laboratório de Fotobioreatores, UnB.

As análises indicam que a amostra contém maior concentração de dióxido de carbono (CO₂) (87 vezes do que no ar atmosférico) e pequenas frações Nitrogênio (N₂) e oxigênio (O₂) e, não detectaram concentração considerável de metano (CH₄).

Contudo, de acordo com a literatura, na fase inicial do biodigestor é comum que o biogás gerado tenha fracasso na sua queima para a produção de energia, o que ocorre devido à sua baixa concentração de metano e alta concentração de dióxido de carbono. Entretanto nas fases seguintes, após as correções necessárias e experiência adquirida, produzam biogás com maior concentração de metano, de forma mais eficiente para a produção de energia. (SOMASHEKAR; VERMA; AHMAD, NAIK, 2013)

Em análise geral os resultados obtidos em relação a produção de biogás mostram que o processo de biodigestão dos resíduos alimentares não foi de todo eficiente, devido à combinação de vários fatores logísticos, técnicos e operacionais que podem e devem ser solucionados para as etapas seguintes.

3.5 Geração de biofertilizante

Toda a carga inserida no biodigestor permaneceu por mais de 4 meses contínuos em processo de digestão no interior do biodigestor, entretanto, nesta fase, não foram feitas análises para a verificação da qualidade do efluente para a utilização como biofertilizantes. Este trabalho está previsto para ser testado e analisado nas etapas seguintes do projeto Vitrine da Sustentabilidade.

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.

Neste trabalho conclui-se que o Biodigestor é uma inovação tecnológica alternativa para a produção de biogás e de biofertilizante utilizando resíduos alimentares do RU como matéria prima.

A média de resíduos alimentares produzidos pelo RU é de 2,180kg por dia, o que representa cerca de 43 toneladas desperdiçadas por mês. As medições feitas mostram que aproximadamente 59% dos resíduos desperdiçados são cozidos, e 41% crus.

Nesta fase inicial do biodigestor foram tratados 3.176,3 kg de resíduos e 1.605,1 kg de água, totalizando 4.781,5 kg. Este valor representa aproximadamente 9,6 % de resíduos do RU desviados da rota do aterro durante os 17 dias da etapa de carga do biodigestor.

Durante o período de monitoramento do biodigestor as análises mostraram que o volume do biogás continha uma maior concentração de CO₂, pequenas frações de N₂ e O₂, e baixa concentração de CH₄. O que é recorrente, segundo a literatura, nas fases iniciais do biodigestor.

O biodigestor, localizado no prédio da Maquete –Unb, poderá ser utilizado como vitrine tanto para os alunos da Universidade, como para alunos externos, para demonstração de como transforma-se os resíduos alimentares em biogás.

Devido a quantidade de resíduos alimentares produzidos no RU ser consideravelmente alta, recomenda-se um projeto de educação ambiental orientado para à diminuição da produção de resíduos, envolvendo a direção do RU, os trabalhadores, e os usuários do restaurante.

Os resultados obtidos neste trabalho poderão ser utilizados para incentivar um programa de sensibilização e conscientização dos trabalhadores e dos usuários do Restaurante Universitário, no sentido de reduzir o desperdício. Contribuindo dessa forma para economia de recursos, diminuição do desperdício e assim para preservação do meio ambiente.

Para elaboração de dados mais consistente em relação a quantidade de resíduos produzidos pelo RU recomenda-se um pesagem em períodos diversificados considerando início, meio e final de semestre, e as sazonalidade.

Recomenda-se pesquisas para implementação de novos projetos para que aproveitem integralmente os resíduos do RU simultaneamente com o biodigestor BGS 10 m³.

Por fim, recomenda-se que para a próxima fase do biodigestor sejam corrigidos os pontos de fuga do biogás, principalmente em pontos de ligação do biodigestor. Assim como, uma breve capacitação da equipe de trabalho, o redimensionamento dos recursos humanos e materiais e análises físico-químicas do efluente.

REFERÊNCIAS

- BARBOSA LQ, BERNARDES RS, BRITO AJ 2015. Propostas de remediação de área degradada por resíduos sólidos urbanos: Estudo de caso Aterro Jokey Clube Brasília, DF. *XXI Simpósio brasileiro de recursos hídricos*, Brasília, 1–10.
- BARRERA, Paulo. Biodigestores: energia, fertilidade e saneamento para a zona rural. 2ª edição. São Paulo: Ícone, 1993.
- BIODIGESTION OF KITCHEN WASTE. A comparative evaluation of mesophilic and thermophilic biodigestion for the stabilisation of kitchen waste. Disponível em www.southampton.ac.uk/~sunrise/Biodigestion%20final%20report.pdf. Acesso em: 05/07/2016
- BISSCHOPS, I., Spanjers, H., Schuman, E., (2009). Development of decentralised anaerobic digestion systems for application in the UK. Phase 1 – Final report. Lettinga Associates Foundation.
- BONTURI, G. D. E. L.; DIJK, M. V. A. N. Instalação De Biodigestores Em Pequenas Propriedades Rurais : Análise De Vantagens. n. Turma, 2012.
- BRANCOLI, P. L.; Avaliação experimental da co - digestão anaeróbia de resíduos orgânicos e lodo de esgoto em digestores têxteis Avaliação experimental da co - digestão anaeróbia de resíduos orgânicos e lodo de esgoto em digestores têxteis. 2014.
- Brasil 2012. Lei 12.505/10-Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS). Ministério do Meio Ambiente.
- CARRILHO, F.N.Q. Nuno Filipe Queiroga Carrilho Valorização de Bio-Resíduos Alimentares por Digestão Anaeróbia Descentralizada – Caso de Estudo : Campus da FCT / UNL. 2012.
- CASTANHO, D. S.; ARRUDA, H. J. Biodigestores. IN: VI Semana de Tecnologia em Alimentos. Anais. Ponta Grossa, 2008.
- CHERNICHARO, C. A. de L. Princípios do tratamento biológico de águas residuárias: reatores anaeróbios. Belo Horizonte: Segrac, 1997, v. 5. 245 p.

DEUBLEIN, D; STEINHAUSER, A. Biogas from waste and renewable resources: an introduction. Weinheim-Germany: VerlagGmbH&Co. KGaA, 2008.

GASPAR, R. M. B. L. Utilização De Biodigestores Em Pequenas E Médias Propriedades Rurais Com Ênfase Na Agregação De Valor: Um Estudo De Caso Na Região De Toledo-Pr. Universidade Federal de Santa Catarina, 2003.

GOMES, F.; AQUINO, S. DE; COLTURATO, L. Biometanização seca de resíduos sólidos urbanos: estado da arte e análise crítica das principais tecnologias. Eng Sanit Ambient, p. 295–304, 2012.

HAACK, S. C. Análise técnica e econômica para aproveitamento dos dejetos de caprinos em biodigestores no semiárido baiano. 2009. 215f. Dissertação (Mestrado em Economia) - Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2009.

JÚNIOR, L. J.; SOUZA, C. de F. Construção e operação de biodigestores. Viçosa-MG, CTP, 2009.

JUNIOR, J. M. N. Políticas de Gestão de Resíduos Sólidos: análise teórica da viabilidade econômica dos três. Mestrado em Gestão Econômica do Meio Ambiente. Universidade de Brasília, 2006.

KARQUÍDIO, R. B. Estudo da viabilidade técnica da implantação de uma empresa prestadora de serviço de instalação e manutenção em biodigestores nas granjas de suínos do entorno da região do Distrito Federal. Boletim Técnico. Planaltina, 2009.

KOSSMANN, W., HOERZ, T., KRÄMER, P., PÖNITZ, U., HABERMEHL, S. (1997). Biogas Digest. Biogas Basics Volume II.

LANGER, M.; BARBOSA, G. Uso de biodigestores em propriedades rurais: uma alternativa à sustentabilidade ambiental. n. July, 2016.

LINDEMEYER, R. M. Análise da viabilidade econômico-financeira do uso do biogás como fonte de energia elétrica. 2008. 105f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Administração) Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2008.

MACHADO, F. W. BGS Equipamentos para Biogás. Manual de instruções kit Biodigestor 10 m³. 2014.

METZ, H. L.; BIOFERTILIZANTE EM ESCOLAS SITUADAS EM MEIOS URBANOS . 2013.

NOGUEIRA, L.A.H. Biodigestão, a alternativa energética. Editora Nobel, p.1-93. São Paulo, 1986.

OLIVEIRA, M. ELI, C.; SOUSA, D.; agroecológico de tratamento dos resíduos animais. 2014.

OLIVEIRA, M. M. Estudo da Inclusão de Compartimentos em Biodigestores Modelo Canadense. Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado do Programa de Pós Graduação em Engenharia de Processos da UFSM. 118f. Santa Maria – RS. 2012.

PACHECO, F. Energias Renováveis : breves conceitos. p. 4–11, 2006.

PALHARES, J.C.P. Biodigestão anaeróbia de dejetos de suínos: aprendendo com o passado para entender o presente e garantir o futuro. 2008.

PECORA, V. Implantação de uma Unidade Demonstrativa de Geração de Energia Elétrica a partir do Biogás de Tratamento do Esgoto Residencial da USP – Estudo de Caso. 2006. 152 p. Dissertação de Mestrado – Programa Interunidades de Pós-Graduação em Energia da Universidade de São Paulo – PIPGE.

REIS, A. D. S. Tratamento de Resíduos Sólidos Orgânicos em Biodigestor Anaeróbio. p. 63, 2012.

SGANZERLA, Edílio. Biodigestores: uma solução. Porto Alegre. Agropecuária, 1983.

SILVA, L. L, et al. Princípios de termoeletricas em pequenas propriedades rurais. In: 2º International workshop advances in cleaner production. São Paulo, maio 2009.

Site do Restaurante Universitário da Universidade de Brasília, Campus Darci Ribeiro <<http://www.ru.unb.br/sobre-o-ru>>, acesso dia 10 de maio de 2016.

SOARES, J. Construção de biodigestores didáticos e estudo da biodigestão de co-produtos do biodiesel, 2011. Disponível em www.enerbio.ind.br/wp-

content/uploads/2011/05/Construcao-de-Biodigestores-Didaticos.pdf. Acesso em: 05/05/2016.

SOMASHEKAR, R. K.; VERMA, R.; AHMAD NAIK, M. Biogas production from foodwaste using a uniquely designed reactor under lab conditions Bangalore 560056. n. April, p. 1–7, 2013.

TEIXEIRA, V. H. Biogás. 1. Ed. Minas Gerais: Universidade Federal de Lavras, 2005. 93 f.

VICTORINO A, VIANNA J. N. S., ZANETI I. C. B. B, VILARINHO M. T. L. Biotecnologia e Sustentabilidade: Potencial de digestão anaeróbia na redução de resíduos, na produção de energia e de biofertilizantes Fronteiras: Journal of Social, Technological and Environmental Science • <http://revistas.unievangelica.edu.br/index.php/fronteiras/> v.5, n.1, jan.-jun. 2016 •

VILABOL. Disponível em <<http://mariaaliceholf5.vilabol.uol.com.br/>> acesso em 25/05/2016.